

Влияние микробных удобрений на взаимоотношения основных эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов в посевах ярового ячменя в условиях засухи

И.И. КОНЦЕВАЯ, Н.М. ДАЙНЕКО, С.Ф. ТИМОФЕЕВ, И.С. ЮРЕВИЧ

В полевом опыте получены доказательства, что при обработке микробными препаратами («Гордебак», «Полибакт», «Ресойлер») на стадии «кущения» посевов ярового ячменя, культивированного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, соотношения численности представителей основных эколого-трофических групп микроорганизмов на этапах превращения свежей органической массы, промежуточного и специфического органического вещества, зависят от влажности почвы.

Ключевые слова: почвенные ассоциации микроорганизмов, эколого-трофические группы микроорганизмов, биопрепараты «Гордебак», «Полибакт», инокулянт Ресойлер.

In the field experiment the evidence was obtained that at treatment with microbial preparations («Gordebak», «Polybakt», «Resoiler») at the stage of «tillering» of spring barley crops cultivated on sod-podzolic light loamy soil, the ratios of the number of representatives of the main ecological and trophic groups of microorganisms at the stages of transformation of fresh organic matter, intermediate and specific organic matter depend on soil moisture.

Keywords: associations of soil microorganism, ecological and trophic groups of microorganisms, Hordebak and Polybakt biopreparations, Resoiler inoculant.

Введение. Для получения конкурентноспособной органической продукции, которая действует оздоровлению населения и сохранению окружающей среды, в растениеводстве важным является применение микробных удобрений [1]. Исследование озвученной проблемы активно развивается в республике Беларусь. В частности, Институтом микробиологии НАН Беларуси разработан биологический препарат «Гордебак», а совместно с РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси» – «Полибакт», Республиканским научным дочерним унитарным предприятием «Институт защиты растений» разработан инокулянт «Ресойлер».

Основу препаратов «Полибакт» [2] и «Гордебак» [3] составляют штаммы азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих бактерий; соответственно, титр – не менее $1,0 \times 10^9$ и $5,0 \times 10^9$ КОЕ/мл. Инокулянт «Ресойлер» в качестве действующего вещества содержит *Trichoderma* sp. L-3, КОЕ не менее 5,4 млрд./мл; *Trichoderma* sp. L-6, КОЕ не менее 5,9 млрд./мл; содержание биомассы – не менее 20 г/л [4]. Установлено, что препарат «Полибакт» восстанавливает микробиоценоз почвы и повышает урожайность сельскохозяйственных культур, что было выявлено на пожнивных остатках соломы и в посевах льна [5]. «Гордебак» нашел применение для предпосевной обработки семян и вегетирующих растений пивоваренного ячменя, поскольку использование препарата равнозначно дополнительному внесению 15–20 % минерального азота и 20 % фосфора на гектар [1], также доказано, что он увеличивает урожайность маслосемян рапса на 16,5–27,2 % [6]. Установлено, что препарат «Ресойлер» способствует поддержанию стабильности агробиоценозов, повышает доступность элементов питания для растений, способствуя увеличению их продуктивности на 10–15 % [7]. Инокулянт позволяет получить экологически чистую продукцию и снизить пестицидную нагрузку на агробиоценозы [8].

Цель данной работы – микробиологическое исследование применения микробных удобрений на взаимоотношения основных эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов в посевах ярового ячменя в условиях засухи на стадии кущения и колошения.

Методы исследования. Исследования выполняли в весенне-летний период 2023 г. на землях агрокомбината «Южный» вблизи н.п. Калинино Гомельского района Гомельской области. Объектом исследований являлась биологическая активность агрономически полезных групп при обработке микробными биопрепаратами «Полибакт», «Гордебак», «Ресойлер» посевов ярового ячменя сорта «Фэст».

Определена следующая агрохимическая характеристика дерново-подзолистой легко-суглинистой почвы: рН в КС1 – 6,1; фосфор – 288 мг/кг; калий – 295 мг/кг.

Площадь опытных делянок составляла 5 м², размещение рендомизировано: повторность опытов – 4-х кратная. Норма расхода микробного биопрепарата «Полибакт» составляла 100–200 мл на 20 л воды на 100 м² почвы, биопрепарата «Гордебак» – 1,9 л препарата (91 л рабочей жидкости) на 1000 растений, микробного биопрепарата «Ресойлер» – 5 л/га. Проводили прикорневую подкормку растений по всходам в фазе «кущения».

Отбор почвенных образцов в посевах ярового ячменя осуществляли в период «кущения» и в фазу «колошения» [9]. Микробиологическую индикацию почвы выполняли согласно общепринятым в почвенной микробиологии методам [10].

В опыте представлены следующие варианты:

– контроль начальный – отбор почвы выполняли 17.05.2023 г. на стадии «кущения» ячменя, почва без обработки посевов микробными биопрепаратами;

– контроль (исходный, необработанный) – отбор почвы выполняли на стадии «колошения» ячменя в сроки: 8 июня, 20 июня, 28 июня, почва без обработки посевов микробными биопрепаратами;

– Гордебак, Полибакт, Ресойлер – отбор почвы выполняли на стадии «колошения» ячменя в сроки: 8 июня, 20 июня, 28 июня, обработка посевов микробными биопрепаратами, соответственно, «Гордебак», «Полибакт», «Ресойлер».

Для оценки влияния тестируемых биопрепаратов на микрофлору почвы использовали чашечный метод Коха, с помощью которого определяли численность аммонифицирующих, амилитических, олигокарбофильных, автохтонных микроорганизмов на селективных питательных средах: мясопептонном агаре (МПА), крахмало-аммиачном агаре (КАА), нитритном (НА) и голодном (ГА) агарах, соответственно. Все посеы проводили в трехкратной повторности. Численность бактерий определяли в колониеобразующих единицах (КОЕ), пересчитывали на 1 г абсолютно сухой почвы. Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом согласно ГОСТу [11]. Расчет эколого-трофических индексов и коэффициентов выполняли по [12].

Оценку состава и спектра микробного сообщества осуществляли по коэффициенту минерализации и иммобилизации (КАА/МПА), индексу олиготрофности (ГА/МПА), коэффициенту педотрофности (НА/МПА) [12]. Глубину и интенсивность превращения азотсодержащих соединений при участии микробонаселения почвы в тестируемых образцах анализировали по коэффициенту трансформации органического вещества $P_m = (МПА + КАА) \times (МПА/КАА)$ [13].

Для статистической обработки данных, построения таблиц и диаграмм использовали Excel 2010 (Microsoft, USA) с расчетом выборочной средней арифметической и стандартной ошибки среднего. Для сравнения изучаемых показателей между опытными и контрольными группами применили t-критерий Стьюдента. Нулевую гипотезу отклоняли при уровне статистической значимости $p < 0,05$ [14].

Результаты исследования и их обсуждение. Май в 2023 г. начался с холодной первой декады при температуре воздуха ниже климатической нормы на 3,0 °С. Вторая и третья декады были теплыми с положительной аномалией 1,4 и 1,0 °С соответственно. В отношении количества выпавших осадков установлен их недобор, на протяжении всех трех декад мая наблюдали значительный дефицит осадков, менее 20 % нормы [15]. Июнь характеризовался более прохладной первой декадой с температурой воздуха на 0,8 °С ниже нормы. Вторая и третья декады были теплыми с положительной аномалией равной 1,1 и 1,7 °С соответственно. На протяжении первой и второй декад установлен недобор осадков: выпало 31 и 68 % декадной нормы соответственно. В третьей декаде выпало 36,8 мм, что составляет 142 % от климатической нормы [16]. На основании существенного недостатка почвенной влаги в мае и в первые две декады июня можно предположить негативное влияние засухи на рост микроорганизмов почвы в анализируемый период времени.

Соответственно климатическим характеристикам мая и июня менялась и влажность почвы. В первой декаде июня отмечена низкая влажность почвы, от 3,0 до 5,1 % в исследуемых образцах почвы, что существенно ниже, чем значение показателя в контрольном образце почвы, отобранном в мае (14,2 %) (таблица 1). Во второй декаде ввиду отсутствия осадков, отмечена тенденция к дальнейшему снижению значения коэффициента влажности почвы до 1,3–2,6 % (таблица 1). Для третьей декады июня характерно существенное возрастание коэффициента влажности почвы до оптимальных параметров 20,9–22,9 %.

Таблица 1 – Значение коэффициента влажности почвы (%)

Контроль начальный (отбор почвы 17.05.23)	Сроки отбора почвы	Контроль	Гордебак	Полибакт	Ресойлер
14,2	08.06.23	4,8	3,0	5,1	4,8
14,2	20.06.23	2,6	1,3	1,4	1,8
14,2	28.06.23	20,9	21,3	22,4	22,9

Проанализируем влияние тестируемых биопрепаратов на численность основных групп почвенных микроорганизмов в образцах, отобранных по трем декадам июня (таблицы 2–4).

В первой декаде июня численность микроорганизмов существенно возрастает по сравнению с данными начального контроля в 2 и более раз в контрольном и трех опытных образцах почвы для представителей олигокарбофильной группы и в варианте применения Полибакта в отношении амилотической группы микроорганизмов (таблица 2). Однако следует подчеркнуть, что не установлено какого-либо эффекта биопрепаратов на изменение численности микроорганизмов по сравнению со своим исходным контролем.

Таблица 2 – Численность микроорганизмов почвы, КОЕ/г абс.сух. почвы $\times 10^6$

Группа микроорганизмов	Контроль начальный	Отбор почвы 08.06.23			
		контроль	Гордебак	Полибакт	Ресойлер
аммонифицирующие	24,3 \pm 2,2	24,2 \pm 1,1	19,7 \pm 4,2	22,3 \pm 2,1	25,9 \pm 2,2
амилотические	20,8 \pm 2,4	31,1 \pm 5,1	35,9 \pm 7,1	42,1 \pm 8,2 ²	35,1 \pm 7,4
олигокарбофильные	11,9 \pm 1,3	21,5 \pm 5,1 ²	22,9 \pm 5,1 ²	27,5 \pm 6,1 ²	24,4 \pm 2,4 ²
автохтонные. олиготрофы	43,1 \pm 4,5	42,6 \pm 7,2	31,3 \pm 6,1	40,3 \pm 7,4	38,5 \pm 7,6
Пм	54,0	43,0	30,5	34,1	45,0

Примечание: статистически достоверно при $p < 0,05$ по сравнению с ¹контролем; ²контролем начальным (отбор почвы 17.05.23).

Во второй декаде июня, при сохранившемся значительном недостатке влаги в почве, поддерживается тенденция к повышению численности микроорганизмов в 2,0 раза по сравнению со значением начального контроля для группы олигокарбофильных бактерий при обработке Гордебакком и Полибактом, и в 3,0 раза – при обработке Ресойлером (таблица 3).

Выявлено существенное увеличение численности микроорганизмов по сравнению с начальным контролем амилотической группы в 1,5 раза в вариантах, соответственно, контроль и при обработке Гордебакком, и в 2,8 раза – при обработке Ресойлером. Установлено достоверное уменьшение численности микроорганизмов автохтонной экологической ниши в 1,4–1,6 раза в вариантах исходного контроля и при обработке тремя тестируемыми биопрепаратами (таблица 3).

Необходимо подчеркнуть, что во второй декаде июня отмечен по сравнению с контрольной (исходной) выборкой эффект действия инокулянта Ресойлер, который выразился как существенное увеличение численности микроорганизмов в 1,8 раза в отношении представителей амилотической группы и в 2,0 раза в отношении олигокарбофильной группы. Также отмечено снижение в 2,0 раза численности микроорганизмов амилотической группы в варианте обработки Полибактом (таблица 3).

Таблица 3 – Численность микроорганизмов почвы, КОЕ/г абс.сух. почвы $\times 10^6$

Группа микроорганизмов	Контроль начальный	Отбор почвы 20.06.23			
		контроль	Гордебак	Полибакт	Ресойлер
аммонифицирующие	24,3 \pm 2,2	21,8 \pm 2,1	24,8 \pm 2,2	16,2 \pm 1,3 ²	22,0 \pm 2,2
амилотические	20,8 \pm 2,4	30,7 \pm 3,1 ²	31,9 \pm 3,1 ²	15,6 \pm 1,2 ¹	56,50 \pm 5,4 ^{1,2}
олигокарбофильные	11,9 \pm 1,3	17,1 \pm 2,1	21,6 \pm 2,2 ²	24,2 \pm 2,7 ²	33,9 \pm 3,4 ^{1,2}
автохтонные. олиготрофы	43,1 \pm 4,5	26,8 \pm 2,7 ²	28,4 \pm 2,9 ²	28,1 \pm 2,9 ²	31,1 \pm 3,1 ²
Пм	54,0	37,3	44,3	33,0	30,6

Примечание: статистически достоверно при $p < 0,05$ по сравнению с ¹контролем; ²контролем начальным (отбор почвы 17.05.23).

В третьей декаде июня в результате обильного выпадения осадков установлено повышение влажности почвы до 20,9–22,9 % в тестируемых образцах (таблица 1). Было выявлено влияние трех биопрепаратов на численность микроорганизмов для представителей олигокарбофильной группы, что выразилось в снижении значений в 1,6–2,7 раза по сравнению с исходным контролем (таблица 4), а для олиготрофов наблюдали увеличение численности микроорганизмов в 1,5–2,1 раза.

Таблица 4 – Численность микроорганизмов почвы, КОЕ/г абс.сух. почвы $\times 10^6$

Группа микроорганизмов	Контроль начальный	Отбор почвы 28.06.23			
		контроль	Гордебак	Полибакт	Ресойлер
аммонифицирующие	24,3 \pm 2,2	24,4 \pm 2,5	23,0 \pm 2,4	19,9 \pm 2,1	21,5 \pm 2,2
амилолитические	20,8 \pm 2,4	47,6 \pm 5,1 ²	38,8 \pm 4,1 ²	43,5 \pm 4,5 ²	43,2 \pm 4,4 ²
олигокарбофильные	11,9 \pm 1,3	40,3 \pm 5,1 ²	14,5 \pm 1,5 ¹	16,7 \pm 1,8 ¹	24,5 \pm 2,5 ^{1,2}
автохтонные. олиготрофы	43,1 \pm 4,5	20,2 \pm 2,2 ²	29,6 \pm 3,1 ¹	43,0 \pm 4,4 ¹	33,8 \pm 3,6 ¹
Пм	54,0	36,8	36,5	29,2	32,3

Примечание: статистически достоверно при $p < 0,05$ по сравнению с ¹контролем; ²контролем начальным (отбор почвы 17.05.23).

Таким образом, если анализировать изменение численности микроорганизмов в зависимости от влажности почвы при обработке тестируемыми биопрепаратами, то следует отметить, что из основных групп зимогенной экологической ниши практически не было изменений среди представителей аммонифицирующих микроорганизмов, которые участвуют в разложении азотсодержащего органического вещества почвы. Первичные этапы превращения углеводов соединений почвы происходят более интенсивно по сравнению с отобранными в мае контрольными образцами при участии представителей амилолитической группы как в исходном контрольном, так и в трех опытных образцах при отборе на протяжении трех декад июня. Отмечено достоверное усиление активности амилолитических микроорганизмов при обработке инокулянтом Ресойлером и снижение их активности в варианте обработки биопрепаратом Полибактом.

Установлено существенное влияние микробиологических препаратов на представителей олиготрофной микробной ниши, в частности, олигокарбофильной микрофлоры, которая участвует в глубокой минерализации органического вещества почвы и начале его гумификации. И если во второй декаде июня в варианте обработки Ресойлером отмечено возрастание указанного процесса, то в третьей декаде при оптимальной влажности почвы отмечали подавление процессов преобразования промежуточного вещества.

В первой декаде июня не выявлено изменение численности микроорганизмов автохтонной экологической ниши, которые разлагают и трансформируют специфическое органическое вещество. Процесс протекает с интенсивностью, зафиксированной ранее в отобранном в мае образце почвы. Во второй декаде июня преобразование на конечных этапах почвенного органического вещества снижается по сравнению с майским образцом. Однако уже в третьей декаде в образцах почвы, обработанных тестируемыми препаратами, установлено возрастание процессов поликонденсации и полимеризации.

Анализ значений коэффициента трансформации органического вещества показывает, что в образце, отобранном в мае, значение равно 54,0, а для трех декад июня характерна меньшая интенсивность трансформации растительных остатков в органическое вещество почвы, о чем свидетельствуют более низкие в 1,2–1,5 раза значения обсуждаемого коэффициента (таблицы 2–4), и что, в свою очередь, определяет более низкую активность микробиологических и биохимических процессов [13].

При исследованиях почвенной микрофлоры агроценоза, помимо выявления численности представителей различных групп микробоценоза, производят расчет эколого-трофических коэффициентов и индексов, что дает возможность проанализировать особенности взаимоотношений отдельных основных групп микроорганизмов, участвующих в общем процессе превращения органического вещества почвы [12].

Для текущего эксперимента было проанализировано влияние биопрепаратов «Гордебак» и «Полибакт» и инокулянта «Ресойлер» на эколого-трофические индексы и коэффициенты.

Для образца почвы начального контроля характерна величина коэффициента минерализации, равная 0,85. Такое значение свидетельствует о том, что процессы минерализации проходят более интенсивно ввиду слабой обеспеченности почвы аммиачным азотом. Образцы почвы, отобранные в июне в контрольных и опытных вариантах с применением биопрепарата Гордебак, характеризуются более высокими иммобилизационными процессами, поскольку величина коэффициента Мишустина колеблется от 1,29 до 1,95. Необходимо подчеркнуть, что биопрепарат Гордебак в первой декаде июня интенсифицировал иммобилизационные процессы по сравнению с исходным контролем, соответственно 1,29 и 1,83 (рисунок 1). Это свидетельствует о более интенсивном микробиологическом связывании минерального азота, что было инициировано в результате аммонификации белковых соединений, в первую очередь, собственно препарата Гордебак [1]. Во второй и третьей декаде июня Гордебак, наоборот, показал тенденцию к ослаблению процессов иммобилизации по сравнению с исходным контролем.

В июне отмечено замедление процессов деструкции по сравнению с процессами превращения органического вещества почвы, отобранной в мае. Значение индекса олиготрофности, соответственно, составило 0,63–1,65 и 0,49. В первые две декады июня установлено, что препарат Гордебак по сравнению с данными исходного контроля подавляет как процессы глубокой минерализации промежуточного органического вещества почвы, так и начало образования структур гумуса с преобразованием пектинов, полимеров, смол и других органических соединений. В третьей декаде июня при обильных осадках и, соответственно, оптимальной влажности почвы, тем не менее в исходном контроле гумификация вещества еще больше снижается, на что указывает значение индекса Аристовской равное 1,65, в то время как при действии Гордебака значение индекса олиготрофности равно 0,63, что указывает на усиление процессов деградации промежуточного органического вещества (рисунок 1).

Изменение значений коэффициента педотрофности свидетельствует о том, что Гордебак по сравнению с исходными контролями в разные декады июня оказывает влияние на взаимоотношения представителей автохтонных олиготрофов и аммонифицирующих микроорганизмов в соответствии с влажностью почвы. В первые две декады июня отмечено снижение процессов разложения, трансформации и продуцирования гумусовых веществ почвы, в третью декаду июня, наоборот, – повышение интенсивности разложения конечных продуктов преобразования почвы.

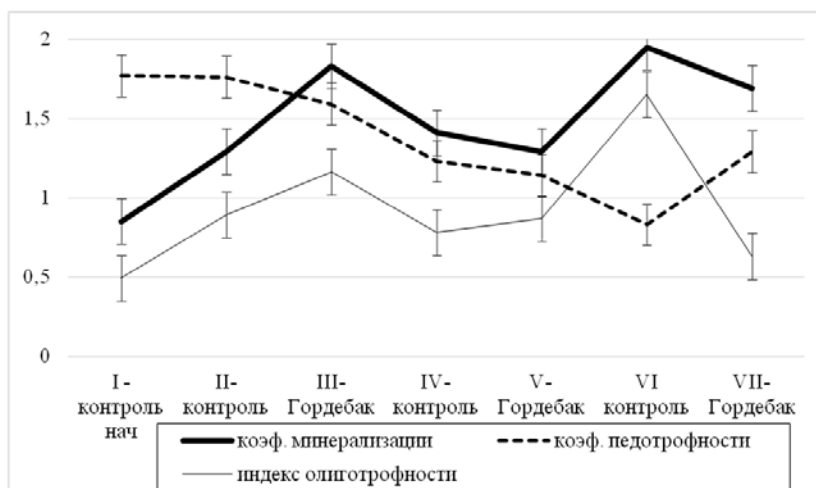


Рисунок 1 – Влияние биопрепарата «Гордебак» на эколого-трофические индексы и коэффициенты (I – контроль начальный (отбор почвы 17.05.23); отбор почвы 08.06.23: II – контроль, III – Гордебак; отбор почвы 20.06.23: IV – контроль, V – Гордебак; отбор почвы 28.06.23: VI – контроль, VII – Гордебак)

Выполненный корреляционный анализ между эколого-трофическими коэффициентами и индексами позволил установить сильную зависимость при коэффициенте корреляции, равном 0,7–0,9, для индекса олиготрофности Аристовской для всех трех тестируемых биопрепаратов. Для коэффициента педотрофности сильная зависимость при $r = 0,9$ установлена между Гордебак и Ресойлером, Полибактом и Ресойлером, и средняя зависимость при $r = 0,6$ – между

Гордебаком и Полибактом. В отношении коэффициента минерализации Мишустина отмечена высокая зависимость между Гордебаком и Полибактом, при $r = 0,9$, но слабая и ближе к слабой зависимость между Гордебаком и Ресойлером, Полибактом и Ресойлером (при r менее 0,3).

Заключение. На основании выполненного микробиологического исследования микробных удобрений «Гордебак», «Полибакт», «Ресойлер», используемых в качестве прикорневой подкормки в фазе «кущения» (в мае) в посевах ярового ячменя, культивируемого на почве Гомельского региона республики, установлено: полученные значения эколого-трофических коэффициентов и индексов указывают на то, что обработка микробными препаратами ожидаемо при превращении промежуточного и специфического органического вещества оказывает влияние в зависимости от влажности почвы; отмечено замедление процессов деструкции и трансформации при недостатке влаги и усиление указанных процессов при оптимальной влажности почвы. Скорость преобразования на начальном этапе превращения свежей органической биомассы для биопрепаратов «Полибакт» и «Гордебак» также стабильно зависит от влажности почвы, в то время как для инокулянта «Ресойлер» отмечено на протяжении трех декад июня преобладание иммобилизационных процессов и более интенсивное использование органического азота почвы микроорганизмами.

Литература

1. Болотник, Е. В. Применение биодинамических препаратов в органическом растениеводстве (обзор) / Е. В. Болотник [и др.] // Микробные биотехнологии : фундаментальные и прикладные аспекты : сб. науч. тр. – Минск : «Беларуская навука», 2017. – Т. 9. – С. 165–182.
2. Комплексный микробный препарат. Полибакт [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://mbio.bas-net.by/prod/polybact/>. – Дата доступа : 14.02.2024.
3. Гордебак. Институт микробиологии НАН Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://mbio.bas-net.by/prod/polybact/>. – Дата доступа : 14.02.2024.
4. Инокулянт микробиологический «Ресойлер» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://pesticity.by/regulatory-rosta-rastenij/inokulyant-mikrobiologicheskij-resojler-zh/>. – Дата доступа : 14.02.2024.
5. Снежинский, А. А. Влияние микробного препарата Полибакт на плотность ценоза и фотосинтетическую деятельность растений льна / А. А. Снежинский // Земледелие и растениеводство. – 2023. – № 2. – С. 54–58.
6. Пилюк, Я. Э. Эффективность применения микробных препаратов при инокуляции семян озимого рапса / Я. Э. Пилюк [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2019. – Т. 55. – С. 57–64.
7. Привалов, Ф. И. Эффективность применения биологических препаратов в агроценозе кормовых бобов в Беларуси / Ф. И. Привалов [и др.] // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series. – 2022. – Vol. 60, № 3. – P. 296–311.
8. Арашкович, С. А. Деградация гербицидов в дерново-подзолистой почве в посевах гороха овощного / С. А. Арашкович // Защита растений. – 2020. – Т. 44. – С. 220–227.
9. Растениеводство : учебник для вузов / В. Е. Торики [и др.] // Под общ. ред. В. Е. Торики. – 2-е изд., стер. – СПб. : Изд-во «Лань», 2022. – 604 с.
10. Теппер, Е. З. Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова, Г. И. Переверзева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1987. – 239 с.
11. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений : ГОСТ 28268-89. – Введ. 01.06.1990. – М., 2006. – 8 с.
12. Титова, В. И. Методы оценки функционирования микробоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества : науч. метод. пособ. / В. И. Титова, А. В. Козлов. – Н. Новгород : Нижегород с.-х. акад., 2012. – 192 с.
13. Зинченко, М. К. Влияние известкования на численность эколого-трофических групп микроорганизмов в серой лесной почве / М. К. Зинченко, С. И. Зинченко // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 7. – С. 43–47.
14. Доспехов, Б. А. Практикум по земледелию : учеб. для ун-тов / Б. А. Доспехов, И. П. Васильев, А. М. Туликов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1987. – 58 с.
15. Климатическая характеристика мая 2023 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://pogoda.by/information/news/20272>. – Дата доступа : 22.02.2024.
16. Климатическая характеристика июня 2023 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://pogoda.by/information/news/20448>. – Дата доступа : 22.02.2024.